

Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям

О.Н.Здрок

« 9 » декабря 2020 г.

Регистрационный № УД-9336/уч.

*Хроматографические методы анализа*

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

**1-31 05 01 Химия**

**направление специальности:**

**1-31 05 01-04 Химия (охрана окружающей среды)**

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2013, учебного плана УВО № G 31 – 154/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

М. Ф. Заяц, заведующий кафедрой аналитической химии, кандидат химических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.Л.Козлова-Козыревская, заведующий кафедрой химии БГПУ им. Максима Танка, кандидат химических наук;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой аналитической химии химического факультета

(протокол № 4 от 10.11.2020);

Советом химического факультета БГУ

(протокол № 5 от 07.12.2020)

Зав. кафедрой аналитической химии



Заяц М.Ф.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** учебной дисциплины – сформировать у будущего химика-аналитика такую систему теоретических и практических знаний в области газовой и жидкостной хроматографии, которая позволит ему в будущей профессиональной деятельности обосновать выбор наиболее оптимального способа решения конкретных аналитических задач по идентификации и установлению количественного содержания каждого из компонентов в исследуемом объекте.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить студентов с теоретическими основами газовой и жидкостной хроматографии;
2. Дать развернутую характеристику особенностей практического использования основных вариантов газовой и жидкостной хроматографии для идентификации и установления количественного содержания каждого из компонентов в исследуемых объектах.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

**Связи с другими учебными дисциплинами.** Учебная дисциплина «Хроматографические методы анализа» базируется на знаниях, полученных студентами ранее в ходе изучения дисциплин «Аналитическая химия», «Физико-химические методы анализа», «Органическая химия», «Физическая химия».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Хроматографические методы анализа» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

#### *академические* компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем

#### *социально-личностные* компетенции:

СЛК-6. Уметь работать в команде.

#### *профессиональные* компетенции:

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, анализировать перспективы и направления развития отдельных областей химической науки.

ПК-9. Работать с научной, технической и патентной литературой, электронными базами данных.

ПК-13. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.

ПК-14. Контролировать соблюдение норм охраны труда, техники безопасности и противопожарной безопасности.

ПК-15. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-16. Вести переговоры, устанавливать контакты с другими заинтересованными участниками.

ПК-17. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них.

ПК-18. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

– основные положения теории теоретических тарелок Мартина используемых для описания процесса хроматографического разделения

– основные положения диффузионной теории Ван-Деемтера, используемых для описания процесса хроматографического разделения,

– особенности устройства и функционирования хроматографического оборудования при осуществлении разделений с использованием приемов газовой хроматографии,

– особенности устройства и функционирования хроматографического оборудования при осуществлении разделений с использованием приемов жидкостной хроматографии.

**уметь:**

– использовать основные положения теорий математического описания процесса хроматографического разделения для реализации на практике оптимальных условий функционирования выбранной хроматографической колонки,

– применять для осуществления разделений наиболее оптимальные подвижные и неподвижные фазы, хроматографические детекторы,

– осуществлять выбор оптимального варианта для наиболее достоверной идентификации компонентов и установления их количественного содержания в анализируемых объектах;

**владеть:**

– общей методологией хроматографического метода анализа с использованием основных технических приемов газовой и жидкостной хроматографии при осуществлении анализов самых различных объектов;

– исследовательскими навыками, системным и сравнительным анализом.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 6 семестре 3 курса. Всего на изучение учебной дисциплины «Хроматографические методы анализа» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 64 часа, в том числе 34 аудиторных часа, из них: лекции – 16 часов, семинарские занятия – 4 часа, лабораторные занятия – 10 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетных единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. Основные термины и понятия в области хроматографического анализа

Предмет, задачи и проблемы современной хроматографии и ее роль в анализе состава различных объектов.

История возникновения и развития. Классификация методов.

## Раздел 2. Аппаратура газовой хроматографии

### *Тема 2.1. Устройство газового хроматографа. Газы-носители.*

#### *Устройства ввода проб. Автоматизированная пробоподготовка*

Принципиальная схема газового хроматографа.

Газы-носители, требования, достоинства, недостатки. Характеристики основных газов-носителей. Регулирование давления, очистка газов.

Устройства для ввода проб газов, жидкостей, твердых веществ. Испарители с делением и без деления потока, испаритель с программированием температуры. Дискриминация пиков.

Автоматизированная пробоподготовка в газовой хроматографии. Ввод равновесной паровой фазы. Твердофазная микроэкстракция. Микроэкстракция одной каплей. Термодесорбция. Пиролитическая приставка.

### *Тема 2.2. Колонки для газовой хроматографии.*

Классификация хроматографических колонок. Требования к материалу хроматографической колонки. Насадочные и капиллярные хроматографические колонки. Природа неподвижной фазы. Дезактивация. Длина колонок. Внутренний диаметр колонок. Толщина неподвижной фазы.

Характеристика свойств неподвижных жидких фаз. Температурные пределы использования. Важнейшие неподвижные жидкие фазы.

Важнейшие адсорбенты и характеристика их свойств. Приложение теории адсорбции к газовой хроматографии.

Основные преимущества и недостатки методов газо-адсорбционной и газо-жидкостной хроматографии.

Особенности практического применения методов газо-адсорбционной и газо-жидкостной хроматографии для анализа различных объектов.

### *Тема 2.3. Детекторы в газовой хроматографии.*

Детекторы в газовой хроматографии. Назначение, основные характеристики: чувствительность, предел детектирования, линейность, селективность. Концентрационные и потоковые детекторы. Разрушающие и

неразрушающие. Шум и дрейф.

Особенности устройства и функционирования детектора по теплопроводности. Катарометрический детектор. Основные механизмы тепловых потерь. Режимы функционирования (снятия сигнала). Схема моста Уитстона. Оптимизация работы. Термисторный детектор. Характеристики детекторов по теплопроводности. Применение.

Особенности устройства, функционирования и области применения пламенно-ионизационного детектора, термоионного детектора, детектора электронного захвата, ионизационно-резонансного детектора.

### **Раздел 3. Теоретические основы газовой хроматографии**

#### ***Тема 3.1. Теоретическое описание процесса хроматографического разделения смесей веществ.***

Теория теоретических тарелок Мартина. Диффузионная теория Ван-Деемтера.

Обработка результатов процесса хроматографического разделения. Основные уравнения теории удерживания в хроматографии.

Основные факторы размывания хроматографических зон разделяемых соединений.

Оценка параметров эффективности и селективности хроматографической колонки. Коэффициент емкости хроматографической колонки по отношению к разделяемым соединениям и его влияние на параметры разделения. Число теоретических тарелок, степень разделения, параметр разрешения хроматографических зон разделяемых соединений.

#### ***Тема 3.2. Влияние условий проведения анализа на эффективность разделения.***

Влияние скорости потока газа-носителя на эффективность функционирования хроматографической насадочной и капиллярной колонки. Уравнение Ван-Деемтера и уравнение Голея.

Влияние количества неподвижной жидкой фазы на эффективность разделения.

Влияние температуры процесса разделения на параметры газа-носителя, параметры удерживания и степень размывания хроматографических зон разделяемых соединений.

Разделение с программированием температуры.

### **Раздел 4. Теоретические и практические основы жидкостной хроматографии**

#### ***Тема 4.1. Устройство жидкостного хроматографа. Основные экспериментальные методы жидкостной колоночной хроматографии***

Устройство жидкостного хроматографа.

Фронтальный метод анализа.

Вытеснительный метод анализа.

Элюентный метод анализа: метод изократического и градиентного элюирования.

Хроматография с прямыми и обращенными фазами.

Высокоэффективная и ультраэффективная жидкостная хроматография.

Особенности практического применения метода для анализа различных объектов.

#### ***Тема 4.2. Неподвижная фаза и колонки для жидкостной хроматографии.***

Неподвижная фаза и колонки для жидкостной хроматографии  
Классификация сорбентов по их способности к различным типам межмолекулярных взаимодействий. Важнейшие сорбенты и характеристика их свойств.

Эффективность классических насадочных хроматографических колонок. Выбор типа хроматографической колонки. Приготовление хроматографической колонки. Приготовление сорбентов. Основные методы пропитки. Сорбенты с химически связанной неподвижной фазой. Ввод анализируемой пробы в колонку.

#### ***Тема 4.3. Подвижная фаза в жидкостной адсорбционной хроматографии.***

Требования к подвижным растворителям.

Элюирующая сила подвижных растворителей. Элюотропные ряды. Селективность подвижных растворителей.

Специфические модификаторы.

Очистка и дегазация подвижных растворителей.

Особенности работы с водными подвижными растворителями.

Основы рационального выбора подвижного растворителя для оптимального разделения.

#### ***Тема 4.5. Характеристика хроматографических свойств разделяемых соединений.***

Количественные характеристики степени полярности разделяемых соединений.

Количественные характеристики гидрофобности разделяемых соединений.

Количественные характеристики растворимости разделяемых соединений в подвижных растворителях.

Характеристика способности разделяемых соединений к различным типам межмолекулярных взаимодействий.

### **Раздел 5. Детекторы в жидкостной хроматографии**

Детекторы в жидкостной хроматографии. Назначение, основные характеристики: чувствительность, предел детектирования, линейность,

селективность. Концентрационные и потоковые детекторы. Разрушающие и неразрушающие. Шум и дрейф.

Особенности устройства, функционирования и области применения фотометрических детекторов: с набором светофильтров на несколько длин волн, одноволновой и многоволновой детекторы, мультиволновой фотодиодно-матричный детектор. Особенности устройства, функционирования и области применения ИК-детектора, детектора по электропроводности, флуоресцентного детектора, рефрактометрического детектора, детектора по теплоте сорбции, электрохимических детекторов, детекторов транспортного типа, вискозиметрического детектора, испарительного детектора светорассеяния.

## **Раздел 6. Методы идентификации и установления количественного содержания разделяемых соединений в хроматографии**

### ***Тема 6.1. Методы идентификации разделяемых соединений в хроматографии.***

Идентификация разделяемых соединений по величинам удерживания.  
Идентификация разделяемых соединений по инкрементам групп.  
Идентификация разделяемых соединений по индексам удерживания Ковача.

Использование корреляционных зависимостей.

Идентификация по эталонным веществам (растворам стандартных веществ). Метод добавок.

Использование спектральных детекторов для идентификации пиков.  
«Чистота» пика. Аналитическая реакционная хроматография, дериватизация.

Основные факторы, влияющие на изменение параметров удерживания разделяемых соединений и возможные пути их устранения.

### ***Тема 6.2. Методы определения количественного содержания разделяемых соединений в хроматографии.***

Параметры хроматографического пика как характеристика количественного содержания вещества.

Высота хроматографического пика как параметр для установления количественного содержания.

Площадь регистрируемой хроматографической зоны как параметр для установления количественного содержания исследуемого соединения.

Шум и дрейф. Отношение сигнал шум как ключевой аналитический сигнал. Предел обнаружения и определения.

Метод градуировочного графика, статистическая информация о характере линии регрессии. Метод внутреннего эталона, метод добавок, метод нормировки.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Основные термины и понятия в области хроматографического анализа</b>	<b>1</b>						тест
<b>2</b>	<b>Аппаратура газовой хроматографии</b>	<b>5</b>						
2.1.	Устройство газового хроматографа. Газы-носители. Устройства ввода проб. Автоматизированная пробоподготовка.	2						дискуссия
2.2.	Колонки для газовой хроматографии.	1						дискуссия
2.3.	Детекторы в газовой хроматографии.	2						экспресс-опрос
<b>3</b>	<b>Теоретические основы газовой хроматографии</b>	<b>2</b>		<b>2</b>	<b>5</b>		<b>2</b>	
3.1.	Теоретическое описание процесса хроматографического разделения смесей веществ.	1		2				доклад
3.2.	Влияние условий проведения анализа на эффективность разделения.	1					2	контрольная работа
4.	<b>Теоретические и практические основы жидкостной хроматографии</b>	<b>4</b>		<b>2</b>			<b>2</b>	

4.1.	Устройство жидкостного хроматографа. Основные экспериментальные методы жидкостной колоночной хроматографии.	1		2				доклад
4.2	Неподвижная фаза и колонки для жидкостной хроматографии.	1						дискуссия
4.3.	Подвижная фаза в жидкостной хроматографии.	1					2	контрольная работа
4.4	Характеристика хроматографических свойств разделяемых соединений.	1						дискуссия
<b>5.</b>	<b>Детекторы в жидкостной хроматографии</b>	<b>2</b>						экспресс-опрос
<b>6.</b>	<b>Методы идентификации и установления количественного содержания разделяемых соединений в хроматографии</b>	<b>2</b>			<b>10</b>			
6.1	Методы идентификации разделяемых соединений в хроматографии.	1			5			защита отчета по лаб. работе
6.2	Методы определения количественного содержания разделяемых соединений в хроматографии.	1			5			защита отчета по лаб. работе
	<b>Итого</b>	<b>16</b>		<b>4</b>	<b>10</b>		<b>4</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. *Беккер Ю.* Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза. - М., Техносфера, 2009. – 470 с.
2. *Винарский В.А.* Хроматография. Курс лекций. В 2 частях. Ч. 1. Газовая хроматография. - Минск, БГУ. 2002. – 192 с.
3. *Винарский В.А., Юрченко Л.В.* Задачи по газовой хроматографии. - Минск, БГУ. 2006. – 71 с.
4. *Винарский В.А., Юрченко Р.А.* Хроматография. В 2 частях. Часть 2. Жидкостная хроматография. - Минск, БГУ, 2008. – 163 с.
5. *Винарский В.А., Юрченко Р.А., Бузук А.Г.* Тонкослойная хроматография в анализе наркотических и допинговых средств. Минск, «Колорград», 2016. - 203 с.
6. *Гиошон Ж., Гийемен К.* Количественная газовая хроматография для лабораторных анализов и промышленного контроля. - М., Мир. 1991. - 315 с.
7. *Новак И.* Количественный анализ методом газовой хроматографии. - М.: Мир, 1978. – 187 с.
8. *Сычев К.С.* Практическое руководство по жидкостной хроматографии. М., Техносфера, 2010.

### Перечень дополнительной литературы

1. Аналитическая хроматография. *К.И.Сакодынский, В.В.Бражников,* - М.: Химия, 1993. - 232 с.
2. *Березкин В.Г.* Аналитическая реакционная газовая хроматография. - М., Наука. 1966. – 172 с.
3. *Березкин В.Г.* Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография. - М., Знание. 1987. – 218 с.
4. *Мак Нейр Г., Бонелли Э.* Введение в газовую хроматографию. - М., Мир. 1970. – 277 с.
5. Руководство по газовой хроматографии. Под ред. *Э.Лейбница, Х.Г.Штруппе,* - М.: Мир, 1988. – 503 с.
6. *Тесаржик К., Комарек К.* Капиллярные колонки в газовой хроматографии. - М.: Мир, 1987. – 211 с.
7. *Харрис Б., Хэбгуд Г.* Газовая хроматография с программированием температуры. - М.: Мир, 1968. – 312 с.

## **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки**

При выставлении оценки за по лабораторным работам учитывается: достоверность и точность полученных экспериментальных результатов, правильность их письменного оформления, владение теоретическим материалом, лежащим в основе данной лабораторной работы.

Оценка за письменные тесты выставляется исходя из правильности, полноты и точности ответов, корректности расчётов и соблюдения метрологических требований к ним (для расчётных заданий).

При оценивании рефератов обращается внимание на: соответствие содержания теме, полноту её раскрытия, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность сделанных выводов и правильность оформления.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Хроматографические методы анализа» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- оценки за отчеты по лабораторным работам – 25 %;
- выполнение контрольных работ – 40 %;
- выполнение тестовых заданий – 10%
- рефераты – 25 %;

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

**Тема 3.2: Влияние условий проведения анализа на эффективность разделения. (2 ч)**

1. Влияние скорости потока газа-носителя на эффективность функционирования хроматографической насадочной колонки. Уравнение Ван-Деемтера.
2. Влияние скорости потока газа-носителя на эффективность функционирования хроматографической капиллярной колонки. Уравнение Голея.
3. Влияние количества неподвижной жидкой фазы на эффективность разделения.
4. Влияние температуры процесса разделения на параметры используемого газа-носителя.
5. Влияние температуры процесса разделения на параметры удерживания

разделяемых соединений.

6. Влияние температуры процесса разделения на степень размывания хроматографических зон разделяемых соединений.
7. Разделение с программированием температуры.

**Форма контроля знаний:** тест, контрольная работа.

#### **Тема 4.3: Подвижная фаза в жидкостной хроматографии. (2 ч)**

1. Требования к подвижным растворителям в жидкостной адсорбционной хроматографии.
2. Элюирующая сила подвижных растворителей. Элюотропные ряды.
3. Селективность подвижных растворителей.
4. Специфические модификаторы.
5. Очистка и дегазация подвижных растворителей.
6. Особенности работы с водными подвижными растворителями.
7. Основы рационального выбора подвижного растворителя для оптимального разделения.

**Форма контроля знаний:** контрольная работа.

### **Примерная тематика лабораторных занятий**

#### **Лабораторная работа № 1. Газо-хроматографический анализ смесей жидких углеводородов.**

*Идентификация и определение содержания индивидуальных компонентов в сложных по составу смесях жидких углеводородов.* Освоение практических приемов использования газохроматографического оборудования в анализе. Исследование влияния силы тока моста детектора на чувствительность определения разделяемых соединений. Исследование влияния скорости потока газ-носителя на эффективность функционирования хроматографической колонки. Исследование влияния температуры процесса разделения на параметры удерживания разделяемых соединений, степень разделения и параметры разрешения. Выбор оптимальных условий процесса разделения.

#### **Лабораторная работа № 2. Хромато-масс-спектральный анализ сложных по составу объектов.**

*Идентификация и определение содержания индивидуальных компонентов в сложных по составу объектах.* Освоение практических приемов использования комбинированного газохроматографического оборудования в анализе. Выбор оптимальных условий процесса разделения. Освоение практических приемов расшифровки регистрируемых хроматограмм и масс-спектров с целью идентификации

разделяемых соединений и установления их количественного содержания в анализируемых объектах.

### **Примерная тематика семинарских занятий**

#### ***Семинарское занятие № 1.***

Теоретическое описание процесса хроматографического разделения смесей веществ.

#### ***Семинарское занятие № 2.***

Устройство жидкостного хроматографа. Основные экспериментальные методы жидкостной колоночной хроматографии.

### **Темы тестов**

#### ***Тест № 1***

Газовая хроматография.

#### ***Тест № 2***

Жидкостная хроматография

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используются ***практико-ориентированный подход.***

***Практико-ориентированный подход*** предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

***Метод группового обучения*** представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При самостоятельной работе студенты используют предоставленные им в электронной форме преподавателем и/или размещённые на образовательном

портале учебную программу по дисциплине, тексты лекций, учебные пособия по дисциплине, методические указания к лабораторным занятиям, контрольные вопросы для подготовки к зачету, темы рефератов, а также сторонние информационные ресурсы, рекомендованные преподавателем. Контроль осуществляется в форме контрольных работ, устных и письменных отчетов по лабораторным работам, а также рефератов.

### **Примерный перечень тем докладов на семинарских занятиях**

1. Параметры удерживания разделяемых соединений и их роль в формировании хроматограммы.
2. Влияние характеристик хроматографических детекторов на достоверность идентификации разделяемых соединений.
3. Характеристика адсорбентов используемых в варианте газо-адсорбционной хроматографии.
4. Характеристика неподвижных жидких фаз используемых в варианте газо-жидкостной хроматографии.
5. Устройство жидкостного хроматографа. Высокоэффективная и ультраэффективная аналитическая жидкостная хроматография. Особенности устройства и области применения препаративной жидкостной хроматографии.
6. Основные экспериментальные методы жидкостной колоночной хроматографии. Реализация и области применения.

### **Примерная тематика реферативных работ**

1. История возникновения и развития хроматографии.
2. Классификация хроматографических методов анализа.
3. Характерные особенности разделения веществ в условиях газовой хроматографии.
4. Основные уравнения удерживания в газовой хроматографии.
5. Основные факторы размывания хроматографических зон при газохроматографических разделениях.
6. Влияние степени летучести соединений на эффективность разделения в условиях газовой хроматографии.
7. Описание процесса разделения с использованием представлений о теоретических тарелках Мартина.
8. Диффузионная теория функционирования хроматографических колонок в условиях газохроматографических разделений.
9. Влияние скорости потока газа-носителя на эффективность газохроматографических разделений.
10. Влияние температуры процесса разделения на эффективность разделений.

11. Использование масс-спектрометрических детекторов в газовой хроматографии.
12. Характерные особенности разделения веществ методами жидкостной хроматографии.
13. Основные уравнения удерживания разделяемых соединений в жидкостной хроматографии.
14. Основные факторы размытия хроматографических зон разделяемых соединений в жидкостной хроматографии.
15. Влияние скорости потока подвижного растворителя на эффективность разделений.
16. Влияние температуры процесса разделения на эффективность хроматографической колонки.
17. Основные детекторы жидкостной хроматографии.
18. Характерные особенности идентификации разделяемых соединений в жидкостной хроматографии.
19. Особенности практических вариантов разделений в жидкостной хроматографии.
20. Характеристика свойств основных адсорбентов жидкостной хроматографии.
21. Характеристика свойств подвижных растворителей и их влияние на эффективность разделения.
22. Характерные отличия варианта высокоэффективной жидкостной хроматографии от классического варианта.
23. Особенности сорбентов используемых в высокоэффективной жидкостной хроматографии.
24. Использование масс-спектрометрических детекторов в жидкостной хроматографии.
25. Хроматографическое определение микроколичеств органических веществ в различных объектах.
26. Хроматографическое определение микотоксинов в продуктах питания.
27. Хроматографическое определение гормональных препаратов в продуктах питания.
28. Хроматографическое определение пищевых добавок.
29. Хроматографическое определение полициклические ароматические углеводородов в пищевых продуктах и объектах окружающей среды.
30. Хроматографическое определение полихлорированных ароматические углеводороды в продуктах питания и объектах окружающей среды.
31. Хроматографическое определение углеводов в продуктах питания.
32. Хроматографическое определение белков в продуктах питания.

33. Хроматографическое определение витаминов в продуктах питания.
34. Хроматографическое определение липидов в продуктах питания.
35. Хроматографическое определение пестицидов в сельскохозяйственной продукции и объектах окружающей среды.
36. Хроматографическое определение аминокислот и аминокислотного состава белков в кормах и продуктах питания.
37. Хроматографическое определение диоксинов в продуктах питания и объектах окружающей среды.
38. Хроматографическое определение антибиотиков в пищевых продуктах.
39. Хроматографическое определение нитрозоаминов в продуктах питания.
40. Хроматографическое определение состава жирных кислот.
41. Хроматографическое выявление фальсификаций пищевых продуктов.
42. Хроматографическое анализ нефтепродуктов.
43. Хроматографическое выявление подконтрольных веществ (наркотики, психотропы и др.).
44. Хроматографическое выявление допинг-веществ в биологических пробах.
45. Хроматографическое выявление отравляющих веществ в биологических пробах.
46. Хроматографическое выявление взрывчатых веществ.
47. Хроматографическое выявление продуктов выстрела на смывах рук и одежде.

Конкретный класс объектов или определяемых веществ, по которым выполняется реферат, предлагается преподавателем или выбирается студентом самостоятельно по согласованию с преподавателем.

## Примерный перечень вопросов к зачету

*В данном списке приведены только теоретические вопросы. Кроме них, в каждый экзаменационный билет рекомендуется включать также практико-ориентированную ситуационную задачу, аналогичную заданиям, разобранным на лабораторных и семинарских занятиях в течение семестра*

1. Газовая хроматография. Сущность метода. Преимущества и недостатки. Особенности, варианты. Принципиальная схема газового хроматографа.
2. Подвижная фаза в газовой хроматографии. Требования, характеристика основных представителей. Способы очистки.
3. Ввод газообразных анализируемых проб в газовой хроматографии. Требования к методике ввода проб, экспериментальные особенности. Анализ равновесной паровой фазы.
4. Ввод жидких анализируемых проб в газовой хроматографии. Требования к методике ввода проб, экспериментальные особенности. Устройство испарителей. Дискриминация. Микроэкстракция и сорбция. Ввод твердых проб.
5. Хроматограмма в газовой хроматографии. Основные параметры процесса разделения.
6. Основы качественного газохроматографического анализа.
7. Основы количественного газохроматографического анализа.
8. Классификация газохроматографических колонок, основные характеристики колонок и их влияние на хроматографические параметры.
9. Условия анализа и их влияние на разделение в газовой хроматографии.
10. Детекторы в газовой хроматографии. Требования, классификация, основные характеристики.
11. Детектор по теплопроводности. Особенности устройства и функционирования, характеристика аналитических параметров.
12. Детектор пламенно-ионизационный. Особенности устройства и функционирования, характеристика аналитических параметров.
13. Детектор электронного захвата. Особенности устройства и функционирования, характеристика аналитических параметров.
14. Носители неподвижных жидких фаз в газо-жидкостной хроматографии.
15. Газо-адсорбционная хроматография. Классификация адсорбентов. Взаимосвязь вида изотермы адсорбции и степени размывания зон. Особенности практического применения.

16. Основы выбора рациональной толщины пленки неподвижной жидкой фазы в газо-жидкостной хроматографии.
17. Газо-жидкостная хроматография. Характеристика неподвижных жидких фаз. Основы рационального выбора неподвижной жидкой фазы.
18. Распределительная хроматография. Особенности метода. Понятие подвижности и ее роль в процессе разделения.
19. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Элюирующая сила растворителей. Элюотропные ряды.
20. Детекторы для жидкостной хроматографии. Характеристика аналитических параметров. Основы выбора в зависимости от природы аналита.
21. Фотометрические детекторы в ВЭЖХ. Особенности устройства, получаемая информация.
22. ВЭЖХ детекторы, используемые при анализе полимеров. Особенности устройства, получаемая информация.
23. Сорбенты для высокоэффективной жидкостной хроматографии.
24. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Теоретические основы метода.
25. Аппаратура высокоэффективной и ультраэффективной жидкостной хроматографии.
26. Метод градиентного элюирования в жидкостно-жидкостной распределительной хроматографии.
27. Вытеснительный метод в жидкостно-жидкостной распределительной хроматографии.
28. Элюентный метод в жидкостно-жидкостной распределительной хроматографии.
29. Фронтальный метод в жидкостно-жидкостной распределительной хроматографии.
30. Условия анализа и их влияние на разделение в жидкостной хроматографии.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.)

Заведующий кафедрой, кандидат  
химических наук, доцент

М.Ф.Заяц

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета, доктор  
химических наук, профессор

Д.В.Свиридов